

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Hydraulika a pneumatika

**Hydraulický pohon balicí linky
Hydraulic Drive of Packaging Line**

Student:

Bc. Daniel Čech

Vedoucí diplomové práce:

Dr.Ing. Miroslav Bova

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Čech**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika
Téma: **Hydraulický pohon balicí linky**
Hydraulic Drive of Packaging Line
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte studii proveditelnosti a možností pro balení kovových svitků.
2. Navrhněte možnosti řešení balicí linky.
3. Vybrané řešení rozpracujte do formy projektu.
4. Proveďte potřebné technické výpočty.
5. Nakreslete výrobní dokumentaci hydraulického agregátu.
6. Zpracujte návod na obsluhu a údržbu.


Seznam doporučené odborné literatury:

SIVÁK, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 333 s. ISBN 80-7078-037-1.
PIVOŇKA, J. a kol. *Tekutinové mechanismy*. Praha: SNTL, 1987. 623 s.
KOPÁČEK, J. *Hydrostatické převodové mechanismy*. Praha: SNTL, 1986. 272 s.
PAVLOK, B., HRUŽÍK, L., BOVA, M. *Hydraulická zařízení strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 116 s.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 09.12.2016
Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.“

V Ostravě dne.....15.5.2017.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Daniel Čech

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Jiráskova 2238/48

Šternberk

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ČECH, Daniel. *Hydraulický pohon balicí linky: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2017, 54 s. Vedoucí práce: Dr. Ing. Miroslav Bova

Předmětem této diplomové práce je návrh hydraulického pohonu balicí linky. V úvodní části jsou popsány konstrukční problémy potřebné řešit při návrhu balicí linky a jasné stanovené cíle. Rešerše byla rozdělena na 2 části. Nejdříve byly vyzdvíženy podobnosti a odlišnosti nejrozličnější typů balicích linek a poté představení užívaných systémů v balicích linkách pro kovové svitky. Vlastní návrhy koncepčních řešení s hodnocením kladů a záporů jsou již v části projektu. Následuje schéma celé linky a popis všech dílčích operací v technickém řešení. Následuje výčet hydraulických pohonů v celé soustavě, které jsou podloženy příslušnými výpočty. Konečnou podobu balicí linky si lze prohlédnout na fotografiích na konci práce. V závěru je práce zhodnocena a bylo zmíněno nezbytné programové vybavení pro zpracování této práce.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ČECH, Daniel. *Hydraulic Drive of Packaging Line: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Units, 2017, 54 p. Thesis head: Dr. Ing. Miroslav Bova

The subject of this master thesis is the design of the hydraulic drive of the packaging line. The introductory part describes the design problems that need to be solved when designing a packaging line and clearly defines objectives of this thesis. The search was divided into two parts. At first, the similarities and differences of the various types of packing lines were highlighted, and then the systems used in the metal coil packing lines were introduced. The conceptual design solutions with positives and negatives are in the project part of the thesis. The following is a schema of the entire packaging line and a description of all the partial operations in the technical solution. The following is a list of hydraulic drives throughout the system, which are supported by the relevant calculations. The final form of the packaging line can be viewed in the photos at the end of the thesis. In conclusion, the work was evaluated and the necessary software for processing this thesis was mentioned.

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíle práce	10
3. Rešerše	11
4. Projekt balicí linky na svitky	22
4.1. Základní specifikace	22
4.2. Vlastní práce na projektu balicí linky	23
4.3. První koncepční řešení chapadla stohovače	24
4.4. Druhé koncepční řešení chapadla stohovače	25
4.5. Stávající řešení chapadla stohovače – které bylo vyrobeno	26
5. Technické řešení balicí linky	27
5.1. Schéma balicí linky	27
5.2. Popis operací balicí linky	28
6. Výpočet hydraulických pohonů	30
6.1. Příklad vypočtených hodnot pro stohovač balicí linky	30
6.2. Vypočtená data hydraulických pohonů	36
6.3. Hydraulické schéma stohovače	37
6.4. Hydraulické schéma agregátu	38
7. Technické detaily jednotlivých dílčích zařízení	39
7.1. Obraceč svitků s pojezdem	39
7.1.1. Technické parametry:	40
7.1.2. Části stroje	41
7.2. Páskovací a expediční stůl	42
7.2.1. Technické parametry:	43
7.2.2. Části strojů	43
7.3. Stohovač s ocelovou konstrukcí	44
7.3.1. Technické parametry:	45
7.3.2. Části stroje	45
7.4. Bezpečnostní zábrany	45
8. Fotodokumentace	46
9. Závěr	51
10. Seznam použité literatury	52
11. Seznam příloh	53

Seznam použitého značení a zkratek

Značka	Název veličiny	Jednotka
D	Průměr	[mm]
F	Síla	[N]
f	Frekvence	[Hz]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
l	Délka	[mm]
m	Hmotnost	[kg]
n	Otáčky	[-]
P	Příkon a výkon	[kW]
p	Tlak	[MPa]; [bar]
Q	Objemový průtok	[m ³ /s]; [l/min]
R	Odpor	[Ω]
S	Plocha	[mm ²]
T	Teplota	[C°]
t	Čas	[s]
U	Napětí	[V]
V	Objem	[m ³]; [L]
v	Rychlost	[m/s]

Zkratka	Název veličiny
3D	Trojrozměrný model
HV	Přímočarý hydraulický motor (hydraulický válec)
MKP	Metoda konečných prvků
PLC	Programovatelný logický automat

1. Úvod

Předmětem této diplomové práce bylo navržení dílčí části projektu balicí linky - hydraulický pohon. K tomu, aby toto bylo možné naprojektovat, je nezbytné znát potřebný počet hydromotorů a ostatních hydraulických prvků i s jejich časováním, rychlostmi a všech souběžností operací v soustavě, kterou je balicí linka. Dle kontraktu, který mi byl poskytnut jako zadání, měla linka být schopna balit všechny rozměry mosazných svitků tloušťky od 15 mm – 350 mm a vnějším průměru od 500 mm – 1200 mm, se třemi možnými vnitřními průměry 400 mm, 500 mm, 600 mm. Toto ovlivňuje téměř všechna zařízení v lince, ale nejdramatičtější dopad to má na stohovač svitků. Pro tak velký rozsah velikostí se užívají obvykle 2 rozměry stohovačů. První koncepční řešení má 8 ramen s packami, 4 svitek přidržují zevnitř a 4 z vnějšku. Ramena jsou spřažena jako vidle vysokozdvížných vozíků po dvou vedle sebe. Operace stohování je řešena jednoduchým podebráním v jedné rovině, bez boční přitlačné síly. Zadané parametry manipulovaného materiálu toto konvenční řešení vyloučily. Měl jsem obavy, aby se mi měkké mosazné svitky příliš neprohnuly při nadzvednutí a tím nerozmotaly. Zvažoval jsem alternativy, jako jsou elektropohony, nebo vakuum a jejich kombinace s hydraulikou. Nakonec jsem se rozhodl pro čistě hydraulické řešení. Nový stohovač má 6 silných ramen s packami na podebrání a objetí svitků. Ramena se pohybují ve třech rovinách a jsou rozložena rovnoměrně po obvodu svitku z venku i zevnitř.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je navrhnout vhodný pohon, který umožní provést všechny potřebné hydraulické operace v cyklu balicí linky. Při vlastním návrhu byl kladen velký důraz na pořizovací i provozní cenu pohonu, proto byla dokonce snížena rychlost a zamezena souběžnost největších pohonů v soustavě.

Další nutné kroky:

- vypracovat studii proveditelnosti a možností pro balení mosazných svitků
- návrh možnosti řešení balicí linky
- vybrané řešení rozpracovat do formy projektu
- provedení potřebných technických výpočtů
- nakreslení výrobní dokumentace hydraulického agregátu
- zpracování návodu na obsluhu a údržbu

3. Rešerše

Produkty lidské činnosti se dělí na dvě základní komodity. Jsou to služby a hmotné statky. Téměř veškeré hmotné statky je nutno opatřit obalem. Obaly slouží jako ochrana před poškozením a prodloužení životnosti nebo data spotřeby (spotřebujte do dvou dnů po otevření). Některé obaly prodávají vlastní výrobky, jsou jejich reklamou a přitahují pohledy spotřebitelů. Kvalitně zabalený výrobek s báječně zhlízejícím polepem, přímo vyzývá spotřebitele k jeho koupi.

S velkou produkcí předmětů vyžadujících obal přišla potřeba automatizace v balicím průmyslu. Balit předměty ručně se vyplatí pouze při malých počtech vyrobených kusů. Při sériové výrobě by ruční balení bylo mnohdy to nejdražší na celém produktu. A tak vznikla poptávka po balicích strojích.

Vývoj šel od jednoduchých strojků, schopných zjednodušit a urychlit práci baličům. Díky těmto strojům byli baliči schopni zvýšit svoji produktivitu balení až v desítkách násobků kusů za směnu. Další strojky umožní balit kvalitněji a výsledně zabalený produkt vypadá výrazně lépe, než zabalený bez použití stroje. Toto se vyplácí řemeslníkům a drobným podnikatelům. I v případě srovnatelné časové náročnosti jako u ručního balení, strojově zabalený produkt se lépe uchytí na trhu v boji s konkurencí.

Vysoká produkce si žádala další zlepšení, a proto se vyvíjelo odvětví balení dál. Začaly vznikat poloautomatické stroje, schopny plně nahradit některé pracovníky v procesu balení. Jeden člověk dokáže obsluhovat i několik poloautomatických zařízení, tím provozovatel získá nejen kvalitně a rychle zabalené produkty, ale sníží si i potřebný počet zaměstnanců při dosažení stejných výsledků.

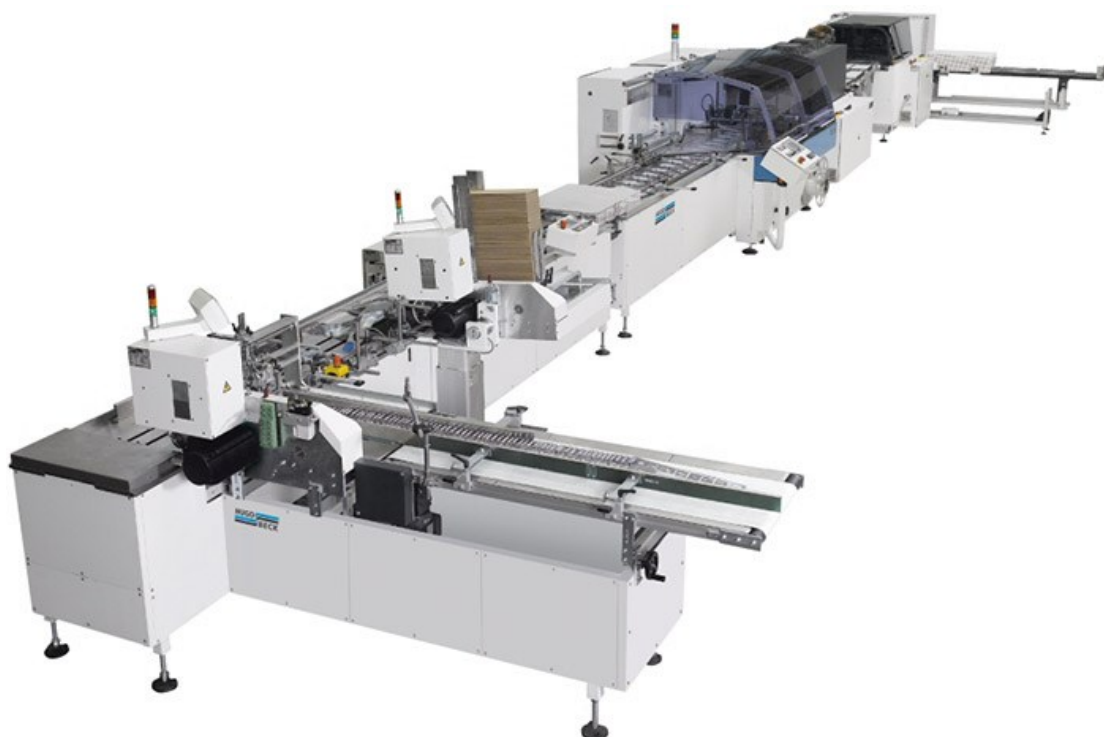
Poslední kategorií jsou nejnovější velmi výkonné vysokorychlostní plně automatické balicí linky. Tyto pracují již plně automaticky a kromě plnění a doplňování spotřebního balicího materiálu vyžadují pouze údržbu. Dovedou nahradit celé týmy baličů. Jejich provoz je relativně levný oproti zaměstnávání počtu lidí, kteří by byli potřeba k ekvivalentnímu výkonu. Z procesu je téměř odstraněn lidský faktor nejvíce zapříčiňující zmetkovitost.



↑ diagram 1 – dělení balicích linek

Balicí linky na tiskoviny

Tiskoviny procházející těmito linkami jsou produkovány ve velkých sériích, proto je kladen velký důraz na úsporu času. Využívá se vysokorychlostních zařízení. Linka je vybavena funkcemi jako zakládání letáků a jiných příloh na přesně určenou stránku, možnostmi volby druhu obalu, tisk adres na obaly, stohování do přepravných boxů nebo kartonových krabic.



↑ obr.1 – Balicí linka na tiskoviny, [18]

Balicí linky na potraviny

Balené produkty jsou určeny pro konzumaci, proto části vyskytující se v jejich bezprostřední blízkosti i jejich mazání, jsou z materiálů splňujících přísné hygienické předpisy. Používají se ušlechtilé kovy, skla i plasty. V zařízeních těchto linek z velké části převládají pohony pneumatické a elektro. Součástí balicího cyklu bývá rozřezávání, rozřazování, navádění do řad s akumulací, sáčkování, fóliování, klipování s označováním expirace výrobku a podobně.



↑ obr.2 – Balicí linka na potraviny, [18]

Balicí linky na drobné výrobky

Tyto linky jsou schopny balené součásti třídit, rozdělovat a řadit do skupin podle počtu, nebo váhy. Balí nastavitelný přesný počet třeba i různých typů součástí do jednoho nebo více balení. Rozlišují součásti podle jejich diferenčních vlastností jako je tvar nebo hmotnost. Většina pohonů je elektro a pneumatických.



↑ obr.3 – Balicí linka na drobné výrobky, [18]

Balicí linky na velkorozměrné výrobky nízké hmotnosti

Využívají se pro balení různých desek (nábytkových, izolačních... bez ohledu na jejich materiál), sportovního vybavení, kabelů, elektroniky a podobně. Smršťují teplem fólie typu PE nebo Polyolefín. Mohou vkládat k výrobkům zvolené dokumenty, podkládat je kartonem, obkládat výrobky ochrannými lištami, etiketovat a další operace, které sdílí většina typů balicích linek.



↑ obr.4 – Balicí linka na velkorozměrné výrobky nízké hmotnosti, [18]

Balicí linky na velkorozměrné výrobky vysoké hmotnosti

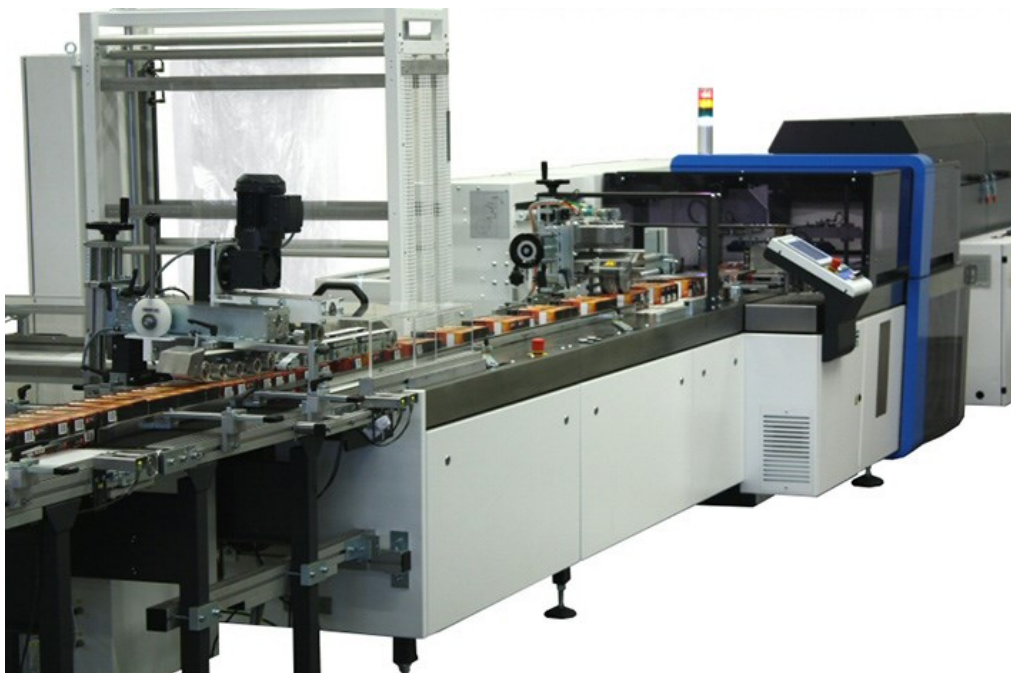
Tyto linky manipulují s velmi těžkými produkty od kovových cívek, přes hliněné sochy, po smontované části obytných buněk na klíč. Jejich masivní konstrukce tomu odpovídá. Jestli se stohovač linky na tiskoviny se svými rozměry přibližuje automatické pračce, tak stohovače dimenzované na vysoké zatížení připomínají spíše menší mostový jeřáb. Také nároky na pohony se velmi liší svojí silou i velikostí od ostatních typů balicích linek. Nejčastěji je využíváno hydrauliky v kombinaci s elektrem. Pro svoji velice vysokou pořizovací cenu bývá návratnost investice často nerentabilní a tak i nejméně poptávané. Taktem se řadí z pravidla mezi nejpomalejší.



↑ obr.5 – Balicí linka na hliníkové svitky, [19]

Balící linky na multipacky

Multipack, tedy několik výrobků spolu v jednom balení. V obchodech se běžně můžeme setkat s krabicí různých piv ze stejného pivovaru a sklenicí, akce (3 + 1 zdarma), nebo třeba šampon s kondicionérem. Multipack linky umí rozřadit a navést výrobky do skupin, zabalit je do fólie, naskládat do krabic, nalepit etikety i dotisk informací. Podobně jako u výše zmíněných linek srovnatelných velikostí, bývají využívány nejčastěji elektro a pneumatické pohony.



↑ obr.6 – Multipack balicí linka, [18]

Balíci linka na skupiny výrobků balených do fólie

Zejména jsou využívány pro balení plechovek, plastových lahví, sklenic, krabic tetrapack, knih atd.. Linka je vybavena dalšími funkcemi pro manipulaci, stohování, vložení letáků, lepení etiket atd., je velice podobná výše zmiňovaným linkám.



↑ obr.7 – Balicí linka na skupiny výrobků balených do fólie, [18]

Balicí linka na ovinování palet a skládání kartonů

Další velice luxusní plně automatické řešení expeditorských operací. Toto řešení je relativně nenáročné na prostor, ale zákazník si musí připlatit. Umí skládat kartony, vkládat do nich zboží, uzavírat a přelepovat krabice, transportovat palety, ovíjet strech fólií velké stohy, nebo bedny na paletě. Stejného výsledku za zlomek ceny bychom dosáhli při koupi stroje na ovinování palet a skladníkem schopným skládat kartony. Tyto automatické linky bývají poháněny kombinací elektro, pneumatických i hydraulických pohonů. Toto je na zvážení každého individuálně, zpravila v západních zemích volí variantu plně automatickou, u nás a na východě poloautomatickou, nebo ruční.



↑ obr.8 – Balicí linka na obalování palet a skládání kartonů, [18]

Balicí linky na kovové svitky

Jedná se o speciální typ balicích linek na těžké velkoplošné úzké svitky. Jejich účelem je připravit svitky pro expedování. Svitky se dopravují naskládány na sobě ve stozích na paletách. Tyto linky bývají velmi podobné. Liší se hlavně stylem odebrání a stohováním svitků, obě tyto operace vykonává stohovač.

Vakuové odebrání

- odebírání přísavkou
- vhodné pro úzké svitky větších návinů
- svitky musejí být pevně staženy, aby nepochabovali přísavce
- zmanipuluje i nemagnetické materiály



↑ obr.9 – Vakuový stohovač ITS BENDA, [20]

Magnetické odebrání

- odebrání elektromagnetem – pouze magnetické materiály
- magnety mohou být dimenzované na velké zátěže
- neklade vysoký nárok na silné stažení svitků
- jednoduchý a spolehlivý princip uchopení svitků



↑ obr.10 – Magnetický stohovač - TECNOMAGNETE, [19]

Elektro-hydraulické odebrání

- odebrání 5ti rameny, 3 vnitřní hydraulické a 2 vnější elektrické pohony
- vhodné pro velké i malé svitky – širší rozsah manipulovatelných svitků
- svitky musí být pevně staženy, aby se nerozmotávaly při zvednutí
- zmanipuluje i nemagnetické materiály



↑ obr.11 – Elektro-hydraulické odebírání – BURGHARDT+SCHMIDT, [20]

4. Projekt balicí linky na svitky

4.1. Základní specifikace

Balicí linka je navržena jako samostatná linka, která je propojená s podélnou dělicí linkou vykládacím vozem podélné dělicí linky ve válcovně na mosaz. Balicí linka by měla být využívána také jako samostatná zpracovací linka, svitky mohou být nakládány na 4-ramenný kříž jeřábem. 4-ramenný bude využíván jako zásobník balicí linky, ale je součástí dělicí linky.

Linka je schopna manipulovat a zpracovávat nadělené svitky v následujících krocích:

- Separace a naklopení jednotlivých nadělených svitků.
- Vážení jednotlivých nadělených svitků.
- Ruční vázání nadělených svitků.
- Manipulace a distribuce jednotlivých horizontálně nadělených svitků do stohů na paletách (až do 4 pozic) automatickým stohovačem s mechanickými výsuvnými chapadly.
- Linka je ovládána pomocí PLC (programovatelný logický automat) umístěném na lokálním operátorském pultu poblíž ovládaného zařízení.

Požadované parametry

Svitky z mosazných slitin	většinou MS 70/30 a MS 90/10
Šířka svitku	150 – 350 mm
Šířka jednotlivých svitků	15 – 350 mm
Tloušťka svitku	0,5 – 0,7 mm
Vnitřní průměr svitku	400 / 500 / 600
Vnější průměr svitku	500 - 1000
Maximální hmotnost svitku	2000 kg
Celkový instalovaný příkon	asi 88 kW
Nízké napětí	400 V \pm 10%, 3 fáze
Jmenovitá frekvence	50 Hz \pm 2 %
Ovládací napětí	24 VDC
Tlak stlačeného vzduchu	5 bar

Externí vlivy prostředí:

Průmyslová hala, krytá před deštěm, větrem a extrémní pražností. Teplota od +5°C do +45°C. Vlhkost 60 - 80 %. Prostředí není výbušné.

4.2. Vlastní práce na projektu balicí linky

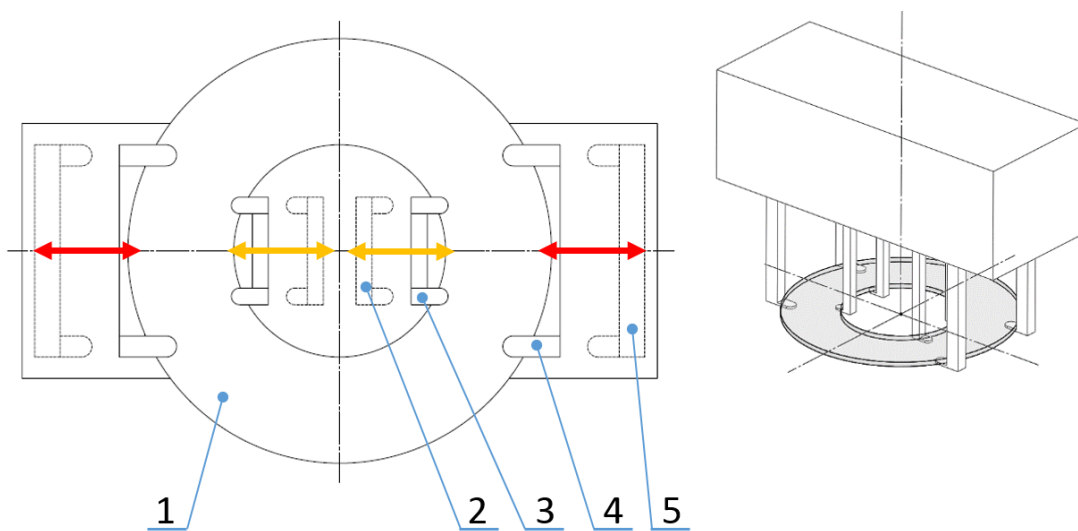
Nastoupil jsem do zaměstnání jako konstruktér/projektant na projekt balicí linky. V té době jsem ještě o balicích linkách nevěděl nic a tak jsem začal pilně studovat. Začátek práce byl docela tvrdý, protože mi nebyla poskytnuta žádná dokumentace hotových zařízení. Na otázky na archiv mi bylo odpovězeno, že byl vytopen, rozkraden a rozprodán. Ale protože jsem přece: „specialista na slovo vzatý“, tak bych neměl mít problém s takovou maličkostí jako je balicí linka.

Dlouhé hodiny strávené procházením různých webových stránek jsem doplnil o návštěvu několika provozoven již vybavených balicími linkami na kovové svitky. Takto získané informace jsem proměnil v komplexní rešerši.

Ale ani přes veškeré vynaložené úsilí se mi nepodařilo nic zjistit o manipulaci s mosaznými svitky. Nebyla mi umožněna návštěva ani jedné firmy, kde by měli tyto svitky. A nikoho, kdo by se tímto problémem dříve zabýval, jsem nenašel ani ke konzultaci. Většina provozoven se brání sdílení informací a vlastní výzkum nebyl možný. Nezdařilo se sehnat ani vzorek manipulovaného svitku a odzkoušet si jeho chování při různých způsobech úchopu. Proto jsem si nadeřoval vlastnosti sám svým odborným odhadem (průhyby, rozmotání, nedokonalosti obvodového svázání svitku) na základě dostupných informací o mosazi a získaných informací o manipulaci jiných kovů. Tyto jsou dále probírány níže v textu.

4.3. První koncepční řešení chapadla stohovače

Při návrhu prvního konceptu jsem se silně inspiroval jedním z nejjednodušších zvedacích zařízení, které znám. Jsou to zvedací vidle – systém „forklift“, které jsou masivně využívány všemi vysokozdvížnými vozíky a paletovými vozíky. Tento systém by byl naprosto perfektní, kdyby vidle mohly dosahovat právě takové délky, která by podpořila celou plochu svitku. Ale pro jejich prostorovou náročnost, bylo třeba vidle upravit. Princip odebrání svitku tedy spočívá v podebrání, na místo dvou dlouhých prstů vidlí, osmi packami na konci ramen. Ramena jsou protichůdná a spřažena do dvojic tvořících vidle, právě tak, jako vidle u vysokozdvížných vozíků. Všechny dvojice ramen se pohybují v jedné rovině. Chycení se docílí současným pohybem vnějších ramen k sobě a vnitřních od sebe. Je to velmi jednoduchý design, jak z pohledu konstrukčního návrhu, tak pro montáž. Ale po dalším zkoumání a konzultacích se zkušenějšími kolegy jsem ji vyřadil pro slabou podporu některých možných variant manipulovaných mosazných svitků. Protože jsou svitky z velmi tenkého pásku mosazi, která je sama o sobě měkká, při nedostatečné podpoře hrozí průhyby a rozmotání. Tento systém je perfektní pro manipulaci svitků o menším rozsahu velikostí.

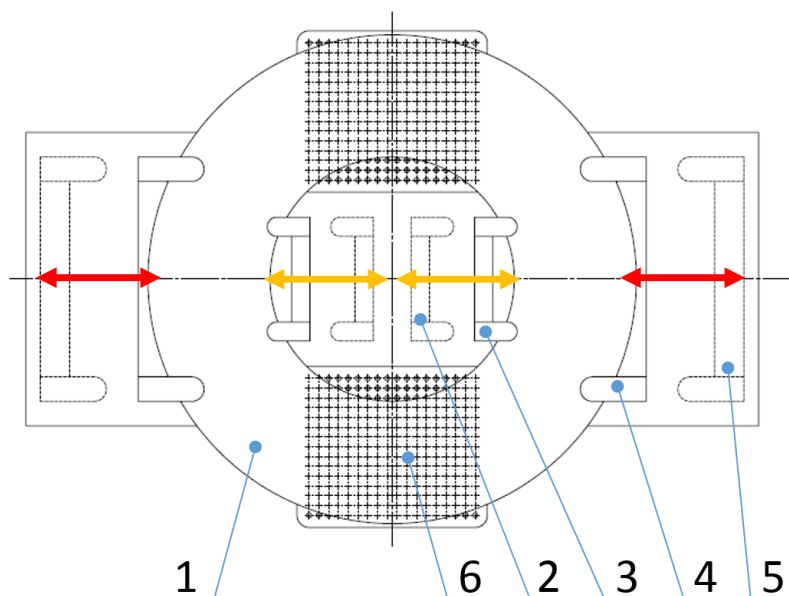


↑ obr.12 – první koncepční řešení – půdorys a prostorový pohled z programu

Solidworks – [1] svitek; [2] rozevřené vnitřní vidle; [3] sevřené vnitřní vidle; [4] sevřené vnější vidle; [5] rozevřené vnější vidle

4.4. Druhé koncepční řešení chapadla stohovače

Nejlepší řešení jsou ta nejjednodušší, proto jsem hned neopustil princip odebrání v jedné rovině a navrhl jsem stejný systém podebrání packami podpořit ještě vakuovými bloky, které by měly zabránit průhybu svitků a následnému rozmotávání. Po dalším zkoumání jsem musel opustit i tuto myšlenku, protože docházelo ke kolizím mechanismů. A stále jsem měl pochyby o spolehlivosti držení u některých možných variant svitků. Vakuum by fungovalo u ideálního svitku, ale zadavatel mi nebyl schopný podat žádné informace o svitcích, takže ani to, jestli by neprofukovaly a tím systém prakticky nevyřadily z funkce. Připustil jsem, že bude třeba přidat podporu z více stran a začal zkoumat další variantu.

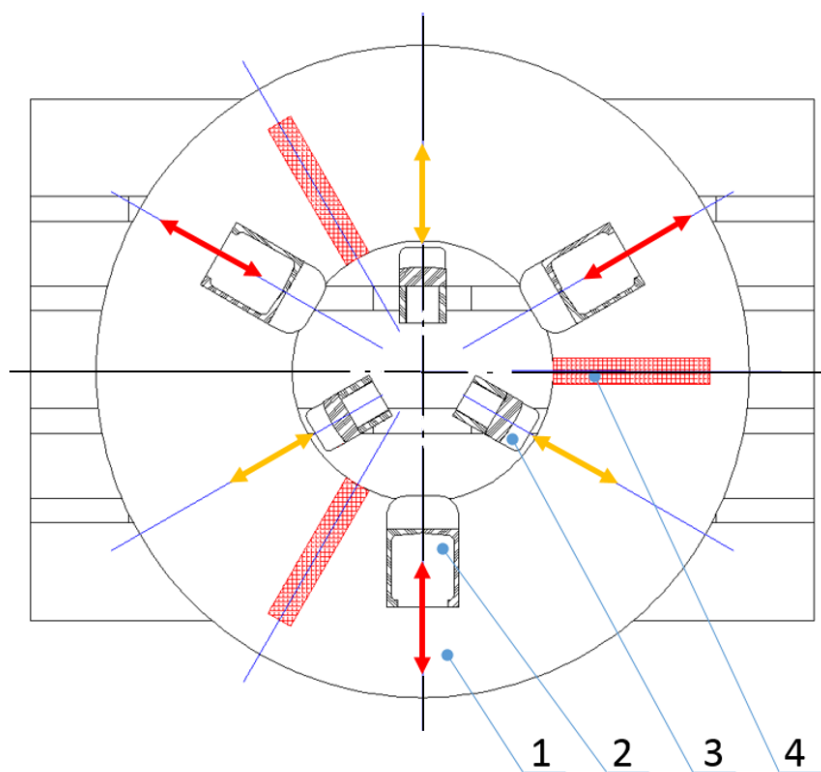


↑ obr.13 – druhé koncepční řešení – půdorys s vakuovými bloky z programu

Solidworks – [1] svitek; [2] rozevřené vnitřní vidle; [3] sevřené vnitřní vidle; [4] sevřené vnější vidle; [5] rozevřené vnější vidle; [6] vakuové bloky

4.5. Stávající řešení chapadla stohovače – které bylo vyrobeno

Stále jsem řešil problém s rozmotáváním měkké mosazi vlivem průhybu, rozhodl jsem se využít kombinaci podebrání a možností zatlačit v případě potřeby rameny do svitku bočními silami. Toto rozhodnutí si vyžádalo návrh velmi robustního stroje. Na místo tenkých ramen bylo třeba navrhnout robustní ramena schopná přenést všechny síly vyvozené jejich vlastními pohony. Ramena jsem sám zkonstruoval a prověřil simulacemi metodou konečných prvků (MKP) v softwaru Solidworks 2016 s licencí premium poskytnutou pro tyto účely zaměstnavatelem. Situaci ramen po vnitřní i vnější hraně svitku bylo dosaženo optimálního rozložení sil při manipulaci se svitkem všech požadovaných rozměrů. Aby mohla ramena spolehlivě pracovat ve všech extrémních případech, vybavil jsem stohovač velmi kvalitním lineárním vedením a nasadil na robustní konstrukci. Pro zvýšení bezpečnosti se jistím silnějším průřezem nosných konstrukcí. Veškeré pohyby stohovače, mimo pojezdu kočky stohovače, jsou hydraulické. Veškeré dílčí části linky byly prověřeny kontrolními výpočty.

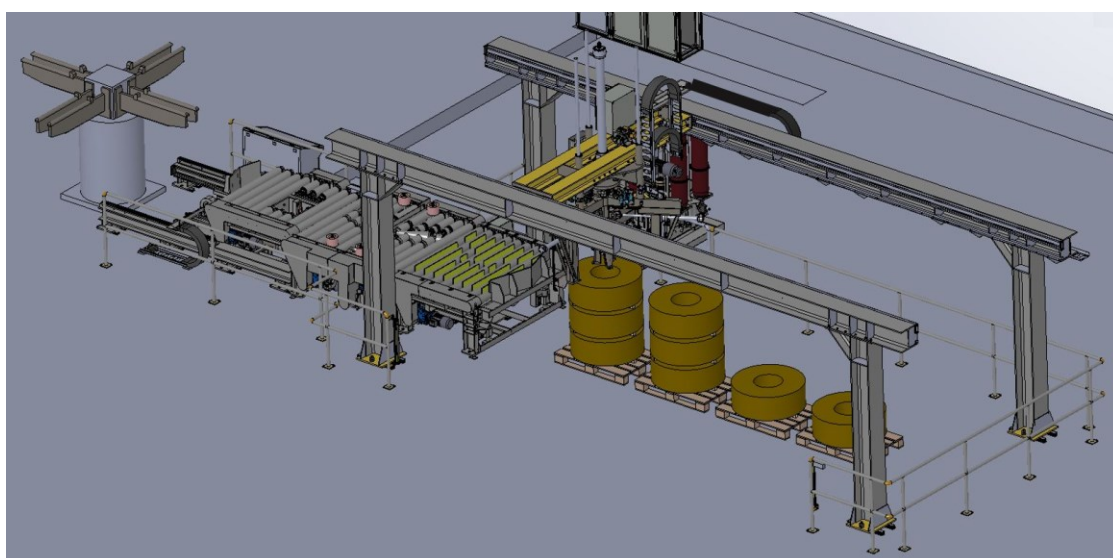
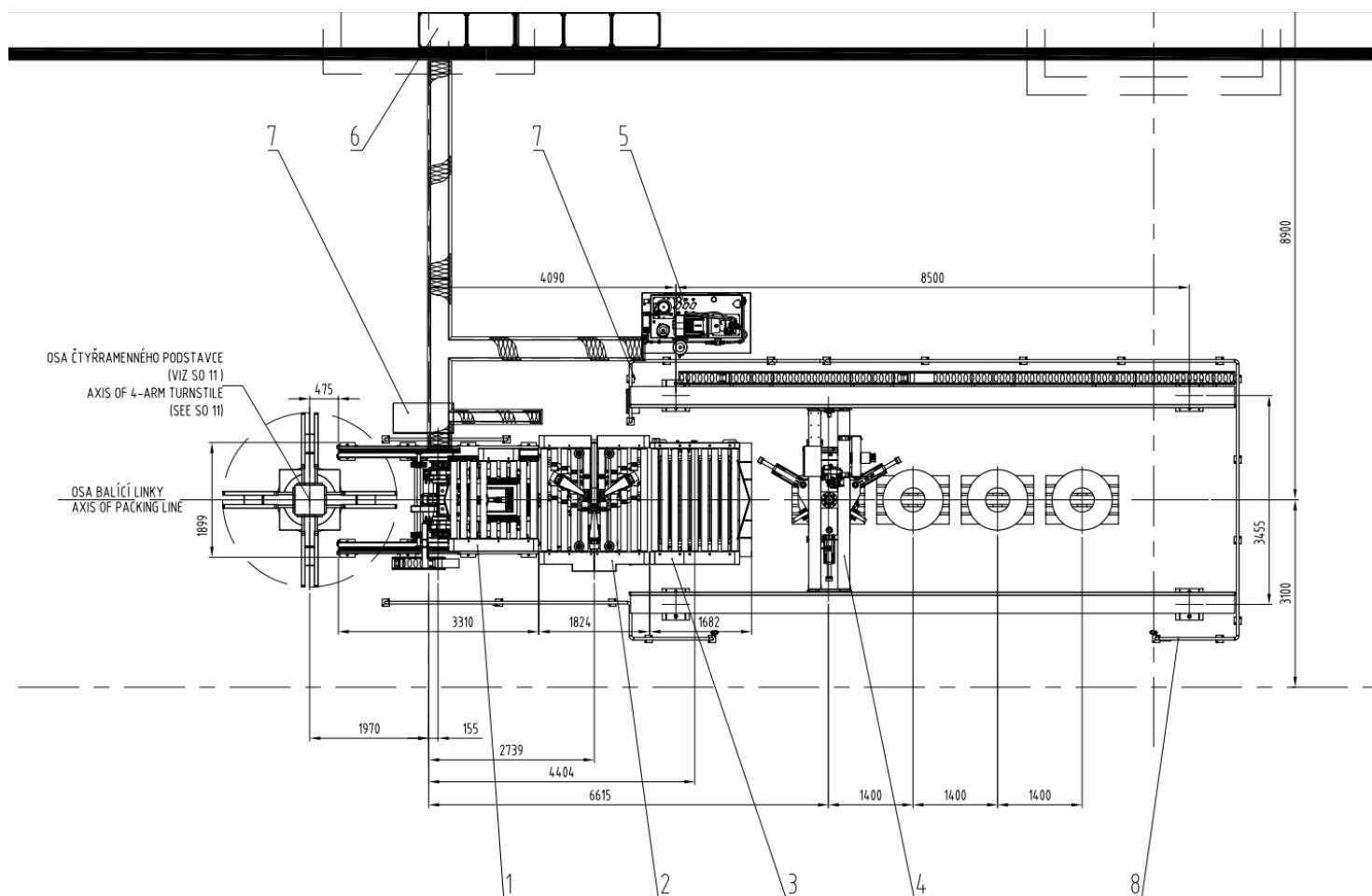


↑ obr.14 – stávající řešení odebrání svitku

[1] svitek; [2] vnější ramena; [3] vnitřní ramena; [4] prokladky

5. Technické řešení balicí linky

5.1. Schéma balicí linky



↑ obr.15 – schéma balicí linky – [1] obraceč svitků s tenzometrickou vahou; [2] páskovací stůl; [3] expediční stůl; [4] stohovač s ocelovou konstrukcí; [5] hydraulický agregát; [6] rozvaděče; [7] operátorský pult; [8] bezpečnostní zábrany

5.2. Popis operací balicí linky

Manipulace a zpracování nadělených svitků na jednotlivých zařízeních linky v krocích po sobě jdoucích s návaznostmi:

Obraceč svitků s pojezdem

- Separuje jednotlivé nadělené svitky, zavěšené za vnitřní průměr v řadě za sebou na 4-ramenném kříži
- Sklápí svitky z polohy s horizontální osou do vertikální
- Vážení jednotlivých svitků
- Doprava svitku

Hydraulické pohony obraceče svitků

- HV100/63-500 (2ks) – sklápění svitku (změna situace svitku)
- HV40/22-220 (1ks) – vysouvání nosu (separace jednotlivých svitků)
- HV80/50-40 (1ks) – zdvih nosu (odebírání jednotlivých svitků)
- HV50/28-10 (4ks) – přizvednutí obraceče (vážení svitků)

Páskovací a expediční stůl

- Ruční vázání nadělených svitků
- Doprava svitku
- Přizvednutí svitků, příprava pro odebrání stohovačem

Hydraulické pohony páskovacího a expedičního stolu

- HV32/18-30 (6ks) – zdvih kuželových válců (rotování svitkem)
- HV25/18-120 (1ks) – příčný pohyb plošiny (polohování svitku)
- HV63/36-70 (1ks) – zdvih plošiny (odebírání svitku)

Stohovač s ocelovou konstrukcí

- Automatická manipulace a distribuce jednotlivých horizontálně nadělených svitků do stohů na paletách (až do 4 pozic)

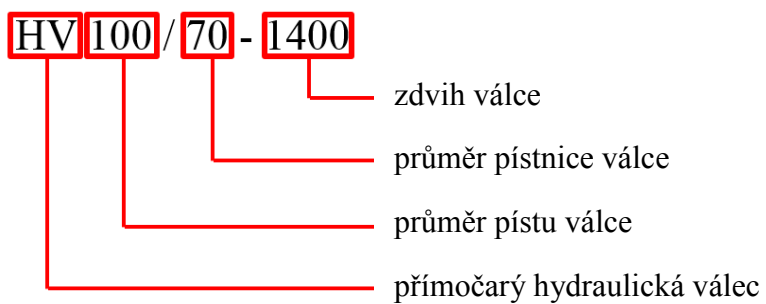
Hydraulické pohony páskovacího a expedičního stolu

- HV100/70-1400 (1ks) – vertikální pohyb stohovače (zdvih stohovače)
- HV40/28-150 (3ks) – vnitřní rozepření (chycení z vnitřní hrany svitku)
- HV50/36-400 (3ks) – vnější sevření (chycení z vnější hrany svitku)

Ovládání zařízení linky

- Linka je ovládána pomocí PLC umístěném na lokálním operátorském pultu poblíž ovládaného zařízení

Popis značení hydraulických válců:



6. Výpočet hydraulických pohonů

Při výpočtech jsem se opíral o data nasbíraná konzultacemi s vedoucím práce a zkušenějšími kolegy. Přesné síly, potřebné ke správnému fungování celé linky, nebylo možné zjistit, protože jsem nikde neviděl manipulaci mosazných svitků a experimentální měření nebylo možné. Síly jsem vypočetl podle předpokládaného děje při uvažování zadané hmotnosti svitku 2000 kg.

6.1. Příklad vypočtených hodnot pro stohovač balicí linky

hmotnost svitku	$m_1 = 2000 \text{ kg}$
hmotnost chapadla stohovače	$m_2 = 1500 \text{ kg}$
gravitační zrychlení	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Zatěžující síla vyvozená svitkem

$$F_{G1} = m_1 \cdot g = 2000 \cdot 9,81 = 19\,620 \text{ N} \quad (1)$$

Zatěžující síla vyvozená chapadlem stohovače

$$F_{G2} = m_2 \cdot g = 1500 \cdot 9,81 = 14\,715 \text{ N} \quad (2)$$

Síla potřebná pro zdvih stohovače

$$F_{GM} = F_{G1} + F_{G2} = 19\,620 + 14\,715 = 34\,335 \text{ N} \quad (3)$$

Parametry zvoleného hydraulického válce pro operaci č. 7 (dále jen HV7)

průměr pístu	$D_{1HV7} = 100 \text{ mm}$
průměr pístnice	$D_{2HV7} = 70 \text{ mm}$
zdvih válce	$l_{HV7} = 1400 \text{ mm}$
rychlost vysouvání	$v_{1HV7} = 300 \text{ mm/s}$
rychlost zasouvání	$v_{2HV7} = 496 \text{ mm/s}$
tlak ve válci	$p = 140 \text{ MPa}$

Rychlosti byly zvoleny vzhledem k maximální efektivitě a možnostem dostupných technologií.

Vysouvání HV7 – klesání stohovače

Plocha pístu HV7

$$S_{1HV7} = \frac{\pi \cdot D_{1HV7}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 100^2}{4} = 7\,853,98 \text{ mm}^2 \quad (4)$$

Objem pod pístem v HV7

$$V_{1HV7} = S_{1HV7} \cdot l_{HV7} = 7\,853,98 \cdot 1400 = 10\,995\,574 \text{ mm}^3 \quad (5)$$

přepočet na litry

$$V_{1HV7} = 10\,995\,574 \cdot 10^{-6} = 10,99 \text{ l} \quad (6)$$

Síla HV7 při vysouvání

$$F_{1HV7} = S_{1HV7} \cdot p = 7\,853,98 \cdot 10^{-6} \cdot 14 \cdot 10^6 = 109\,955,74 \text{ N} \quad (7)$$

Čas vysouvání HV7

$$t_{1HV7} = \frac{v_{1HV7}}{l_{HV7}} = \frac{300}{1400} = 4,66 \text{ s} \quad (8)$$

Maximální průtok HV7 při vysouvání

$$Q_{1MAXHV7} = S_{1HV7} \cdot v_{1HV7} = 7\,853,98 \cdot 300 = 2\,356\,194 \text{ mm}^3/\text{s} \quad (9)$$

přepočet na litry za minutu

$$Q_{1MAXHV7} = 2\,356\,194 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 141,37 \text{ l/min} \quad (10)$$

Zasouvání HV7 – zdvih stohovače

Plocha mezikruží nad pístem HV7

$$S_{2HV7} = \frac{\pi \cdot (D_{1HV7}^2 - D_{2HV7}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 70^2)}{4} = 4\,005,53 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Objem pod pístem v HV7

$$V_{2HV7} = S_{2HV7} \cdot l_{HV7} = 4\,005,53 \cdot 1400 = 5\,607\,743 \text{ mm}^3 \quad (12)$$

přepočet na litry

$$V_{2HV7} = 5\,607\,743 \cdot 10^{-6} = 5,61 \text{ l} \quad (13)$$

Síla HV7 při zasouvání

$$F_{2HV7} = S_{2HV7} \cdot p = 4\,005,53 \cdot 10^{-6} \cdot 14 \cdot 10^6 = 56\,077,43 \text{ N} \quad (14)$$

Čas vysouvání HV7

$$t_{2HV7} = \frac{v_{2HV7}}{l_{HV7}} = \frac{496}{1400} = 2,82 \text{ s} \quad (15)$$

Maximální průtok HV7 při zasouvání

$$Q_{2MAXHV7} = S_{2HV7} \cdot v_{2HV7} = 4\,005,53 \cdot 496 = 1\,986\,743 \text{ mm}^3/\text{s} \quad (16)$$

přepočet na litry za minutu

$$Q_{2MAXHV7} = 1\,986\,743 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 119,21 \text{ l/min} \quad (17)$$

Parametry zvolených hydraulických válců pro operaci č. 8 (dále jen HV8)

průměr pístu	$D_{1HV8} = 40 \text{ mm}$
průměr pístnice	$D_{2HV8} = 28 \text{ mm}$
zdvih válce	$l_{HV8} = 150 \text{ mm}$
rychlost vysouvání	$v_{1HV8} = 38 \text{ mm/s}$
rychlost zasouvání	$v_{2HV8} = 145 \text{ mm/s}$
tlak ve válci	$p = 140 \text{ MPa}$

Vysouvání HV8 – chycení svitku rozpínáním ramen

Plocha pístu HV8

$$S_{1HV8} = \frac{\pi \cdot D_{1HV8}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = 1\,256,64 \text{ mm}^2 \quad (18)$$

Objem pod pístem v HV8

$$V_{1HV8} = S_{1HV8} \cdot l_{HV8} = 1\,256,64 \cdot 150 = 188\,495 \text{ mm}^3 \quad (19)$$

přepočet na litry

$$V_{1HV8} = 188\,495 \cdot 10^{-6} = 0,19 \text{ l} \quad (20)$$

Síla HV8 při vysouvání

$$F_{1HV8} = S_{1HV8} \cdot p = 1\,256,64 \cdot 10^{-6} \cdot 14 \cdot 10^6 = 17\,592,92 \text{ N} \quad (21)$$

Čas vysouvání HV8

$$t_{1HV8} = \frac{v_{1HV8}}{l_{HV8}} = \frac{38}{150} = 3,95 \text{ s} \quad (22)$$

Maximální průtok HV8 při vysouvání

$$Q_{1MAXHV8} = S_{1HV8} \cdot v_{1HV8} = 1\,256,64 \cdot 38 = 47\,752 \text{ mm}^3/\text{s} \quad (23)$$

přepočet na litry za minutu

$$Q_{1MAXHV8} = 47\,752 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 2,87 \text{ l/min} \quad (24)$$

Zasouvání HV8 – uvolnění svitku

Plocha mezikruží nad pístem HV8

$$S_{2HV8} = \frac{\pi \cdot (D_{1HV8}^2 - D_{2HV8}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (40^2 - 28^2)}{4} = 640,88 \text{ mm}^2 \quad (25)$$

Objem pod pístem v HV8

$$V_{2HV8} = S_{2HV8} \cdot l_{HV8} = 640,88 \cdot 150 = 96\,132 \text{ mm}^3 \quad (26)$$

přepočet na litry

$$V_{2HV8} = 96\,132 \cdot 10^{-6} = 0,1 \text{ l} \quad (27)$$

Síla HV8 při zasouvání

$$F_{2HV8} = S_{2HV8} \cdot p = 640,88 \cdot 10^{-6} \cdot 14 \cdot 10^6 = 8\,972,38 \text{ N} \quad (28)$$

Čas vysouvání HV8

$$t_{2HV8} = \frac{v_{2HV8}}{l_{HV8}} = \frac{145}{150} = 1,03 \text{ s} \quad (29)$$

Maximální průtok HV8 při zasouvání

$$Q_{2MAXHV8} = S_{2HV8} \cdot v_{2HV8} = 640,88 \cdot 145 = 92\,928 \text{ mm}^3/\text{s} \quad (30)$$

přepočet na litry za minutu

$$Q_{2MAXHV8} = 92\,928 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 5,57 \text{ l/min} \quad (31)$$

Parametry zvolených hydraulických válců pro operaci č. 9 (dále jen HV9)

průměr pístu	$D_{1HV9} = 50 \text{ mm}$
průměr pístnice	$D_{2HV9} = 36 \text{ mm}$
zdvih válce	$l_{HV9} = 400 \text{ mm}$
rychlost vysouvání	$v_{1HV9} = 145 \text{ mm/s}$
rychlost zasouvání	$v_{2HV9} = 38,7 \text{ mm/s}$
tlak ve válci	$p = 140 \text{ MPa}$

Vysouvání HV9 – uvolnění svitku rozevíráním ramen

Plocha pístu HV9

$$S_{1HV9} = \frac{\pi \cdot D_{1HV9}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 1\,963,5 \text{ mm}^2 \quad (32)$$

Objem pod pístem v HV9

$$V_{1HV9} = S_{1HV9} \cdot l_{HV9} = 1\,963,5 \cdot 400 = 785\,398 \text{ mm}^3 \quad (33)$$

přepočet na litry

$$V_{1HV8} = 785\,398 \cdot 10^{-6} = 0,79 \text{ l} \quad (34)$$

Síla HV9 při vysouvání

$$F_{1HV9} = S_{1HV9} \cdot p = 1\,963,5 \cdot 10^{-6} \cdot 14 \cdot 10^6 = 27\,488,94 \text{ N} \quad (35)$$

Čas vysouvání HV9

$$t_{1HV9} = \frac{v_{1HV9}}{l_{HV9}} = \frac{145}{400} = 2,76 \text{ s} \quad (36)$$

Maximální průtok HV9 při vysouvání

$$Q_{1MAXHV9} = S_{1HV9} \cdot v_{1HV9} = 1\,963,5 \cdot 145 = 284\,706 \text{ mm}^3/\text{s} \quad (37)$$

přepočet na litry za minutu

$$Q_{1MAXHV9} = 284\,706 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 17,08 \text{ l/min} \quad (38)$$

Zasouvání HV9 – sevření svitku

Plocha mezikruží nad pístem HV9

$$S_{2HV9} = \frac{\pi \cdot (D_{1HV9}^2 - D_{2HV9}^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (50^2 - 36^2)}{4} = 945,62 \text{ mm}^2 \quad (39)$$

Objem pod pístem v HV9

$$V_{2HV9} = S_{2HV9} \cdot l_{HV9} = 945,62 \cdot 400 = 378\,248 \text{ mm}^3 \quad (40)$$

přepočet na litry

$$V_{2HV9} = 378\,248 \cdot 10^{-6} = 0,38 \text{ l} \quad (41)$$

Síla HV9 při zasouvání

$$F_{2HV9} = S_{2HV9} \cdot p = 945,62 \cdot 10^{-6} \cdot 14 \cdot 10^6 = 13\,238,67 \text{ N} \quad (42)$$

Čas vysouvání HV9

$$t_{2HV9} = \frac{v_{2HV9}}{l_{HV9}} = \frac{38,7}{400} = 10,34 \text{ s} \quad (43)$$

Maximální průtok HV9 při zasouvání

$$Q_{2MAXHV9} = S_{2HV9} \cdot v_{2HV9} = 945,62 \cdot 38,7 = 36\,596 \text{ mm}^3/\text{s} \quad (44)$$

přepočet na litry za minutu

$$Q_{2MAXHV9} = 36\,596 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 2,2 \text{ l/min} \quad (45)$$

Porovnání potřebné síly F_{GM} (3) se silou zdvihu stohovače F_{2HV7} (14)

$$F_{GM} = 34\,335 \text{ N}$$

$$F_{2HV7} = 56\,077 \text{ N}$$

$$F_{GM} < F_{2HV7} \quad \Rightarrow \quad \text{VYHOVUJE} \quad (46)$$

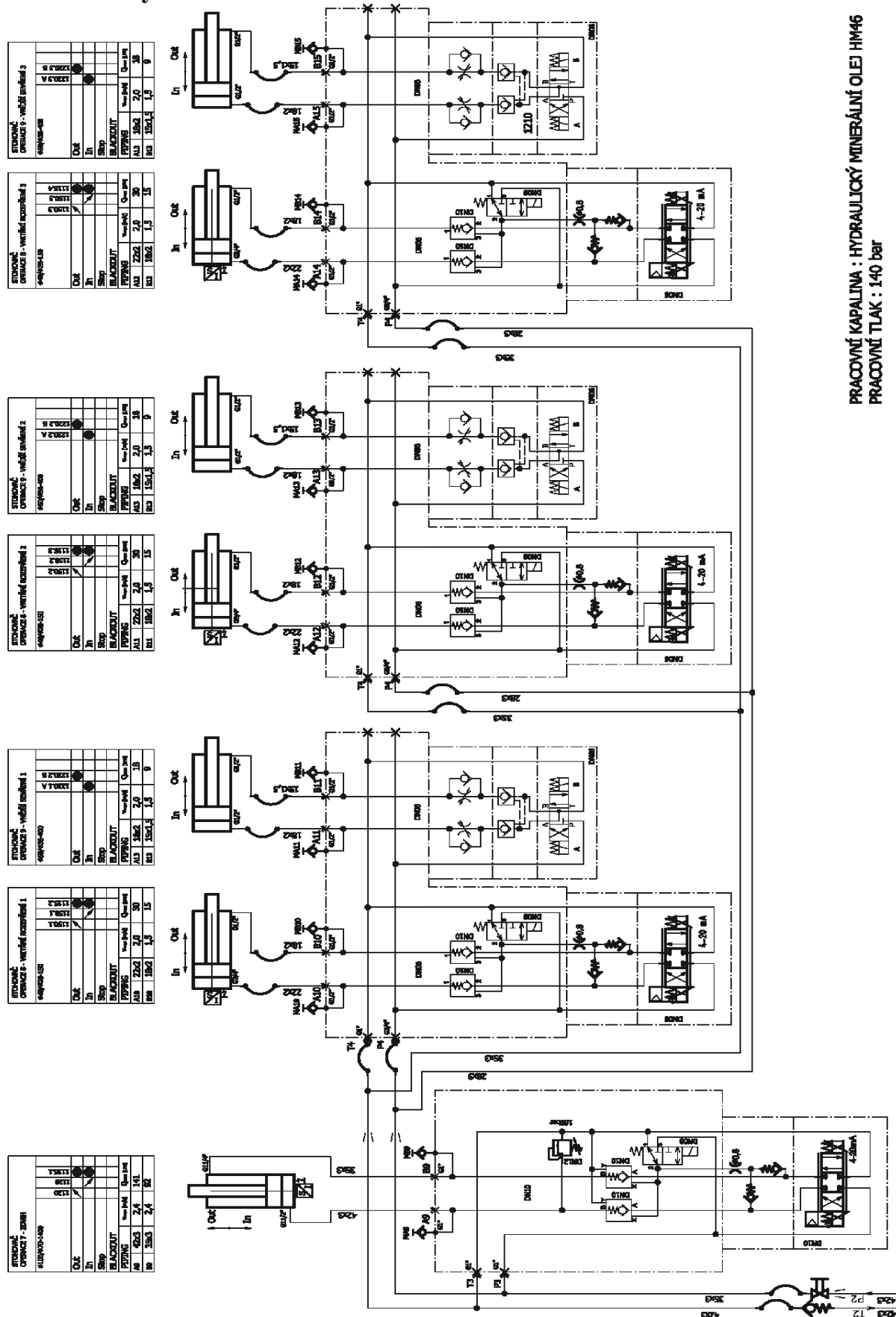
Veškerá vypočtená data hydraulických pohonů balicí linky jsou zpracována v tabulce (*tab. I*) níže.

6.2. Vypočtená data hydraulických pohonů

1 obraceč svitků s pojezdem													
operace 1	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání - sklápění obraceče	pro 1 HV							
sklápění svitku	2	100	63	500	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek	síla pro 2 HV (sklápění)			219,91149	42,83561583	90,9	109,956	5,5006	7853,981634	3,92699	14		
HV100/63-500				síla [kN]	zasouvání - zvedání obraceče	pro 1 HV							
	síla pro 2 HV (zvedání)			132,62862	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
				síla [kN]	14,94913984	52,6	66,3143	9,5057	4736,736323	2,36837	14		
operace 2	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání								
vysouvání nosu	1	40	22	220	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					1,236530868	16,4	17,5929	13,415	1256,637061	0,27646	14		
HV40/22-220					zasouvání								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					3,381553784	64,3	12,2711	3,4215	876,5043504	0,19283	14		
operace 3	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání								
zdvih nosu	1	80	50	40	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					18,09557368	60	70,3717	0,6667	5026,548246	0,20106	14		
HV80/50-40					zasouvání								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					4,410796086	24	42,8827	1,6667	3063,052837	0,12252	14		
operace 10	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]									
přizved. obraceče	4	50	28	10									
prvek					zasouvání válce - zvedání obrac	pro 1 HV							
HV50/28-10					síla pro 2 HV (zvedání)	75,473622	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]
				síla [kN]	0,266853163	3,3	18,8684	3,0303	1347,743248	0,01348	14		
2 balicí stůl													
operace 4	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání								
zdvih kuzel. válců	6	32	18	30	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					1,447645895	30	11,2595	1	804,2477193	0,02413	14		
HV32/18-30					zasouvání								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					0,989601686	30	7,6969	1	549,7787144	0,01649	14		
operace 5	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání								
příč.pohyb plošiny	1	25	18	120	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					0,883572934	30	6,87223	4	490,8738521	0,0589	14		
HV25/18-120					zasouvání								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					0,425528725	30	3,30967	4	236,4048472	0,02837	14		
operace 6	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání								
zdvih plošiny	1	63	36	70	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					11,22208312	60	43,6414	1,1667	3117,245311	0,21821	14		
HV63/36-70					zasouvání								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					3,778864723	30	29,3912	2,3333	2099,369291	0,14696	14		
3 stohovač													
operace 7	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání - klesání stohovače								
zdvih	1	100	70	1400	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					141,3716694	300	109,956	4,6667	7853,981634	10,9956	14		
HV100/70-1400					zasouvání - zdvih stohovače								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					119,2045916	496	56,0774	2,8226	4005,530633	5,60774	14		
operace 8	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání - rozpírání								
vnitřní rozepření	3	40	28	150	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					2,8651325	38	17,5929	3,9474	1256,637061	0,1885	14		
HV40/28-150					zasouvání - uvolnění svitku								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					5,575698642	145	8,97239	1,0345	640,8849013	0,09613	14		
operace 9	poč.	D1 [mm]	D2 [mm]	zdvih [mm]	vysouvání - uvolnění svitku								
vnější sevření	3	50	36	400	průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
prvek					17,08241005	145	27,4889	2,7586	1963,495408	0,7854	14		
HV50/36-400					zasouvání - sevření svitku								
					průtok [l/min]	rychlost [mm/s]	síla [kN]	čas [sec]	plocha [mm2]	objem [L]	tlak [MPa]		
					2,195728221	38,7	13,2387	10,336	945,6193887	0,37825	14		

↑ tab.1 – vypočtená data hydraulických pohonů (červeně je označena revize)

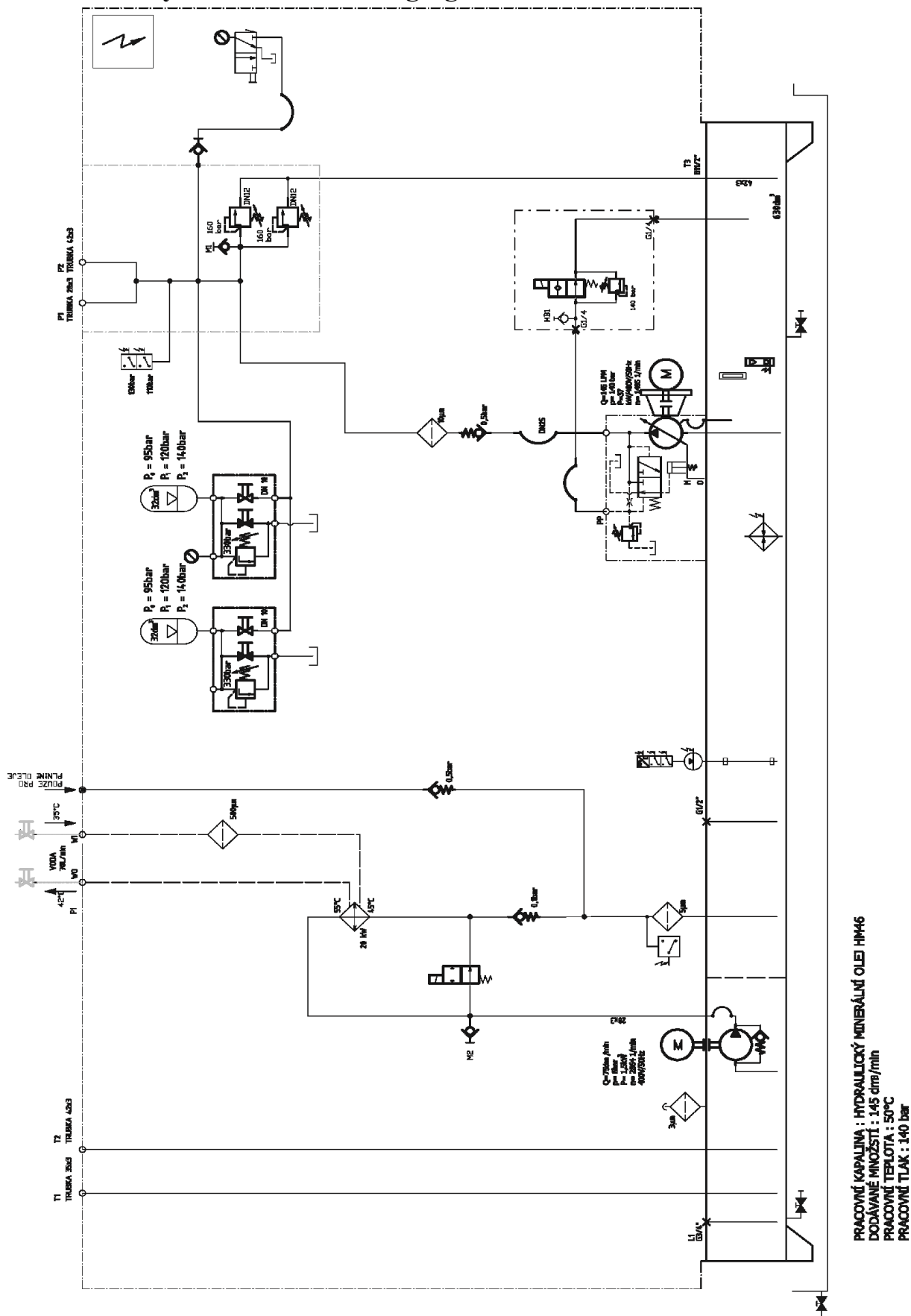
6.3. Hydraulické schéma stohovače



PRACOVNÍ KAPALINA : HYDRAULICKÝ MINERÁLNÍ OLEJ HM46
PRACOVNÍ TLAK : 140 bar

↑ obr.16 – Hydraulické schéma stohovače

6.4. Hydraulické schéma agregátu



↑ obr.17 – Hydraulické schéma agregátu

7. Technické detaily jednotlivých dílčích zařízení

7.1. Obraceč svitků s pojezdem

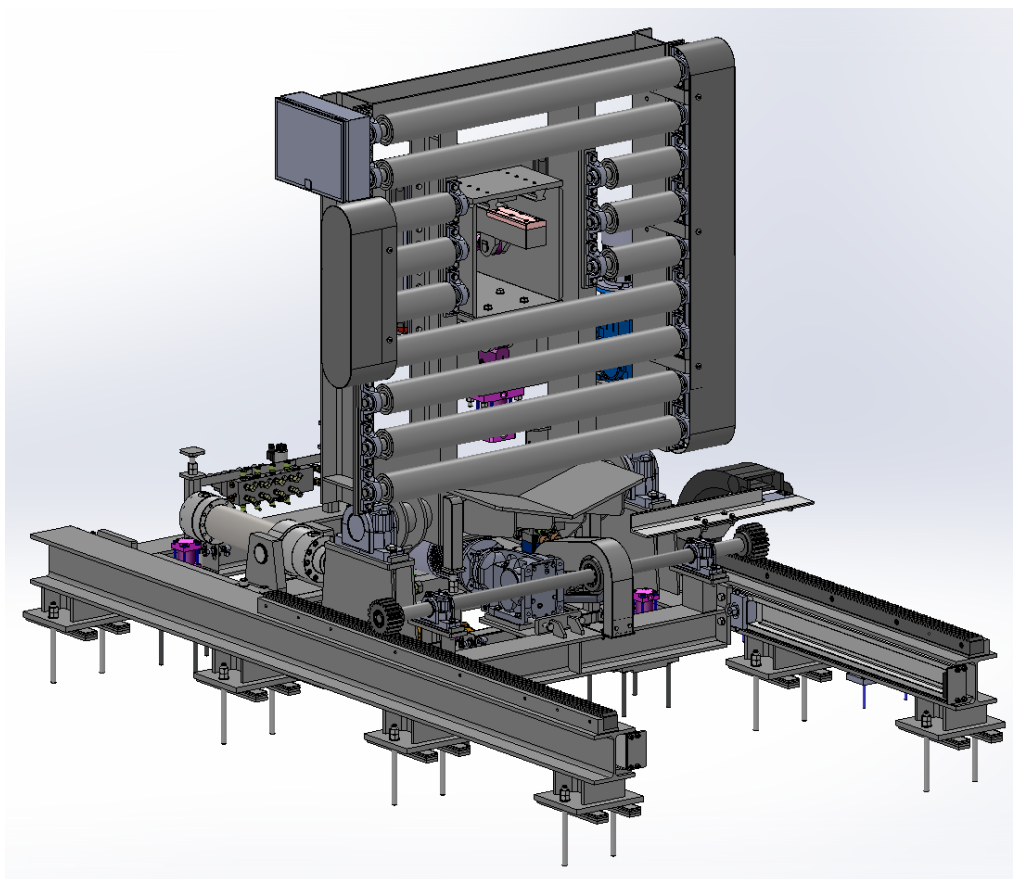
Obraceč svitků s pojezdem je poloautomatický stroj vybavený odebíracím mechanismem, sklápěcím mechanismem, válečkovým dopravníkem a pojezdem v kolejnici. Mechanismy mají na sobě nezávislé pohony. Před spuštěním zařízení je nutno navolit šířku každého svitku na operátorském pultu.

Odebírací mechanismus bere svitky ze 4-ramenného kříže po jednom. Operace je provedena ocelovým nosem, který je poháněn hydraulickými válci. Délka vysunutí odebíracího nosu je dána zvoleným programem podle šířky manipulovaných svitků. Tuhost mechanismu řeší podélné a příčné vedení nosu. Kontrolování polohy výsunu nosu zajišťují elektromagnetická čidla.

Sklápěcí mechanismus překlápí svitek na stranu, tzn. mění jeho situaci z polohy s horizontální osou do polohy s vertikální osou. Poháněn je dvojčinnými hydraulickými válci.

Pojezd obraceče dopravuje svitek od 4-ramenného kříže k páskovacímu stolu. Poháněn je elektro-motorem s brzdou (1,1kW; 400V; 1450ot/min).

Válečkový dopravník přemístí svitek na páskovací stůl. Poháněn je elektromotorem s brzdou (0,55kW; 400V; 1450ot/min).



↑ obr.18 – 3D model obraceče svitků s tenzometrickou vahou z programu SolidWorks

7.1.1. Technické parametry:

Manipulovaný materiál:	mosazné svitky
Nosnost obraceče	max. 2000 kg
Maximální průměr manipul. svitku	1000 mm
Výška ložné plochy od podlahy	870 mm
Rozvor náprav	1800 mm
Rozchod kol	1400 mm
Rychlost pojezdu vozu	0,12 m/s
Rychlost válečkového dopravníku	0,16 m/s
Napájení	3x 400V; 50Hz
Ovládací napětí	DC 24V
Elektrický instalovaný příkon obraceče	1,7 kW
Hmotnost vozu	3 500 kg
Délka pojezdu vozu	1190 mm

7.1.2. Části stroje

- a) rám obraceče - podvozek (svařenec z válcovaných profilů a plechů)
- b) podvozková část s pohonem (motor, převodovka, hnací hřídel, kola)
- c) sklopné rameno (s odebíracím nosem a válečkovým dopravníkem)
- d) elektrický skříňový rozvaděč pro napájení a řízení zařízení (umístěný na boku obraceče)
- e) pojezdová dráha (svařenec z válcovaných profilů a plechů)
- f) energetický řetěz s příslušenstvím (konzoly, hydraulické hadice a kabely)

7.2. Páskovací a expediční stůl

Páskovací stůl je poloautomatický stroj vybavený válečkovým dopravníkem, centrovacím mechanismem, točnou z kuželových válečků, tenzometrickou vahou a ručním pneumatickým páskovačem.

Válečkový dopravník přesune svitek do polohy pro spáskování. Pohonem dopravníku je nezávislý elektro-motor s brzdou (0,55kW; 400V; 1450ot/min). Dopravník je zastaven signálem ze světelné závory.

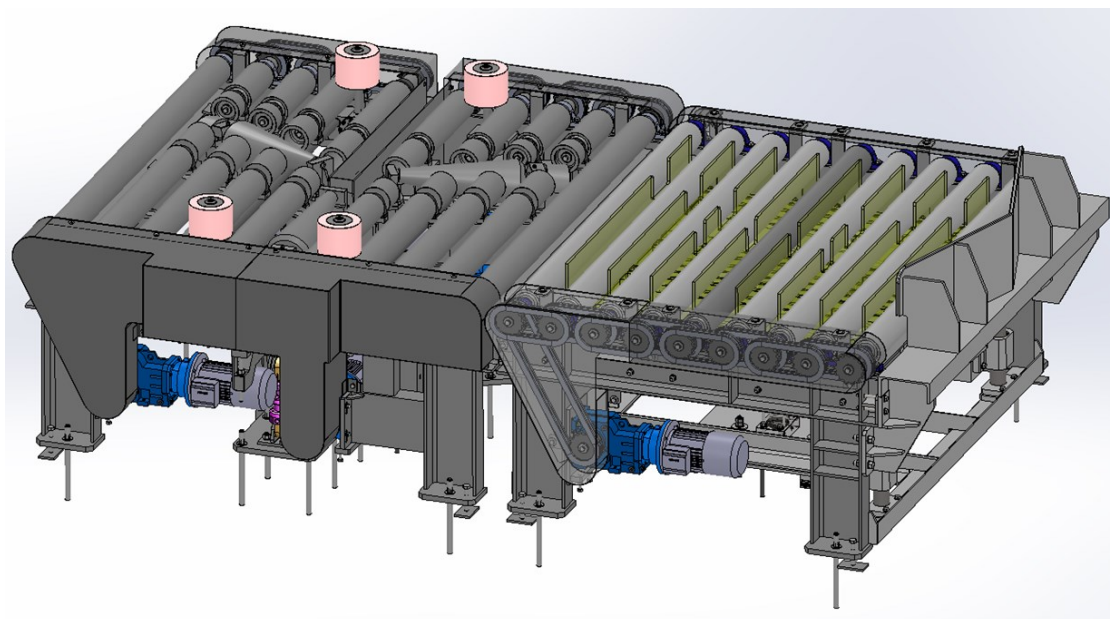
Centrovací mechanismus je tvořen čtyřmi trny opatřenými silonovými nárazníky. Trny jsou spřaženy dohromady. K centrování svitků dochází přibližováním trnů ke středu stolu. Tento pohyb zajišťuje závitová tyč do poloviny opatřená závitem s pravým stoupáním od poloviny se závitem levým. Pohonem je elektro-motor s brzdou (0,75kW; 400V; 1450ot/min), ovládání a kontrolu středění zajišťuje obsluha.

Točna je opatřena vysunovacím mechanismem osazeným jednočinnými hydraulickými válci. Kuželové válečky vyjedou 15 mm nad úroveň válečkového dopravníku, tím tedy svitek leží jen na těchto válečcích. Otáčením tří kuželových válečků dochází k otáčení svitku podle vertikální osy. Každý váleček má svůj elektro-motor s brzdou (0,37kW; 400V; 1450ot/min). Ovládání a kontrolu pootočení zajišťuje obsluha.

Ruční pneumatický páskovač je zavěšen na balancéru. Pásek je odvíjen ze zásobníku vázací pásky. Celé ovládání a kontrolu páskování zajišťuje obsluha. Pohon páskovače je na stlačený vzduch (0,6MPa).

Expediční stůl je poloautomatický stroj vybavený válečkovým dopravníkem a centrovacím mechanismem. Válečkový dopravník přesune svitek do polohy pro odebrání. Pohonem dopravníku je nezávislý elektro-motor s brzdou (0,55kW; 400V; 1450ot/min). Dopravník je zastaven signálem ze světelné závory.

Centrovací mechanismus je tvořen hřebenovou plošinou poháněnou hydraulickými válci.



↑ obr.19 – 3D model páskovacího a expedičního stolu z programu SolidWorks

7.2.1. Technické parametry:

Manipulovaný materiál:	mosazné svitky
Nosnost každého stolu	max. 2000 kg
Maximální průměr manipul. svitku	1000 mm
Výška ložné plochy od podlahy	870 mm
Rychlost válečkového dopravníku	0,16 m/s
Napájení	3x 400V; 50Hz
Ovládací napětí	DC 24V
El. instalovaný příkon sestavy stolů	3,1 kW
Hmotnost sestavy stolů	5000 kg

7.2.2. Části strojů

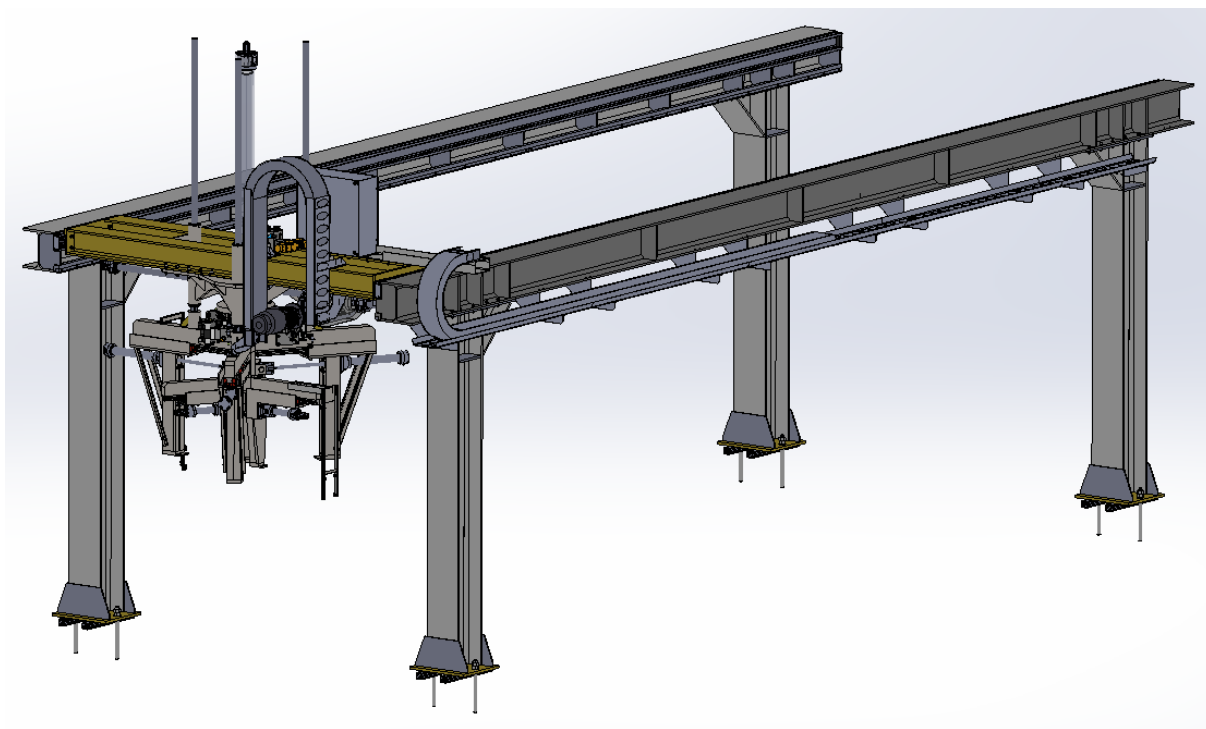
- rámy stolů (svařenec z válcovaných profilů a plechů)
- spodní část s pohony (motory, převodovky)
- válečkové dopravníky
- točna (se zdvihacím mechanismem, motory s převodovkami)
- elektrický skříňový rozvaděč pro napájení a řízení zařízení (umístěný na boku balicího stolu)

7.3. Stohovač s ocelovou konstrukcí

Stohovač je manipulační zařízení na přemísťování svitků v poloze s vertikální osou. Ukládá do 4 pozic. Je vybaven upínacím mechanismem, zdvihem a pojezdem po ocelové konstrukci.

Upínání svitků a zdvih je řešen hydraulickými válci. Zachycení vnitřního průměru rozepřením se zajišťuje vysunutím tří dvojčinných válců, zachycení vnějšího průměru sevřením je vyřešeno zasunutím tří dvojčinných válců. Přesná upínací síla je nastavena na redukčních ventilech. Zdvih upínacího mechanismu pohání jednočinný válec. Plynulou změnu rychlosti zdvihu zajišťuje proporcionální ventil. Pro odečítání výškové polohy bylo použito lineární odměřování. Potvrzení ležící polohy signalizuje senzor.

Stohovač jezdí v kolejnici z válcovaného profilu. Pojezd po ocelové konstrukci pohání elektro-motor s brzdou (1,1kW; 400V; 1450ot/min).



↑ obr.20 – 3D model stohovače s ocelovou konstrukcí z programu SolidWorks

7.3.1. Technické parametry:

Manipulovaný materiál:	mosazné svitky
Nosnost stohovače	max. 2000 kg
Maximální průměr manipul. svitku	1000 mm
Minimální průměr manipul. svitku	400 mm
Min. výška ložné plochy od podlahy	200 mm
Zrychlení stohovače	0,2 m/s
Rychlost pojezdu stohovače	0,8 m/s
Pracovní délka pojezdu	8,46 m
Servisní délka pojezdu	9,24 m
Max. rychlost stoupání/klesání chapadla	0,3 m/s
Napájení	3x 400V; 50Hz
Ovládací napětí	DC 24V
El. instalovaný příkon sestavy stolů	1,2 kW
Hmotnost sestavy stolů	7200 kg

7.3.2. Části stroje

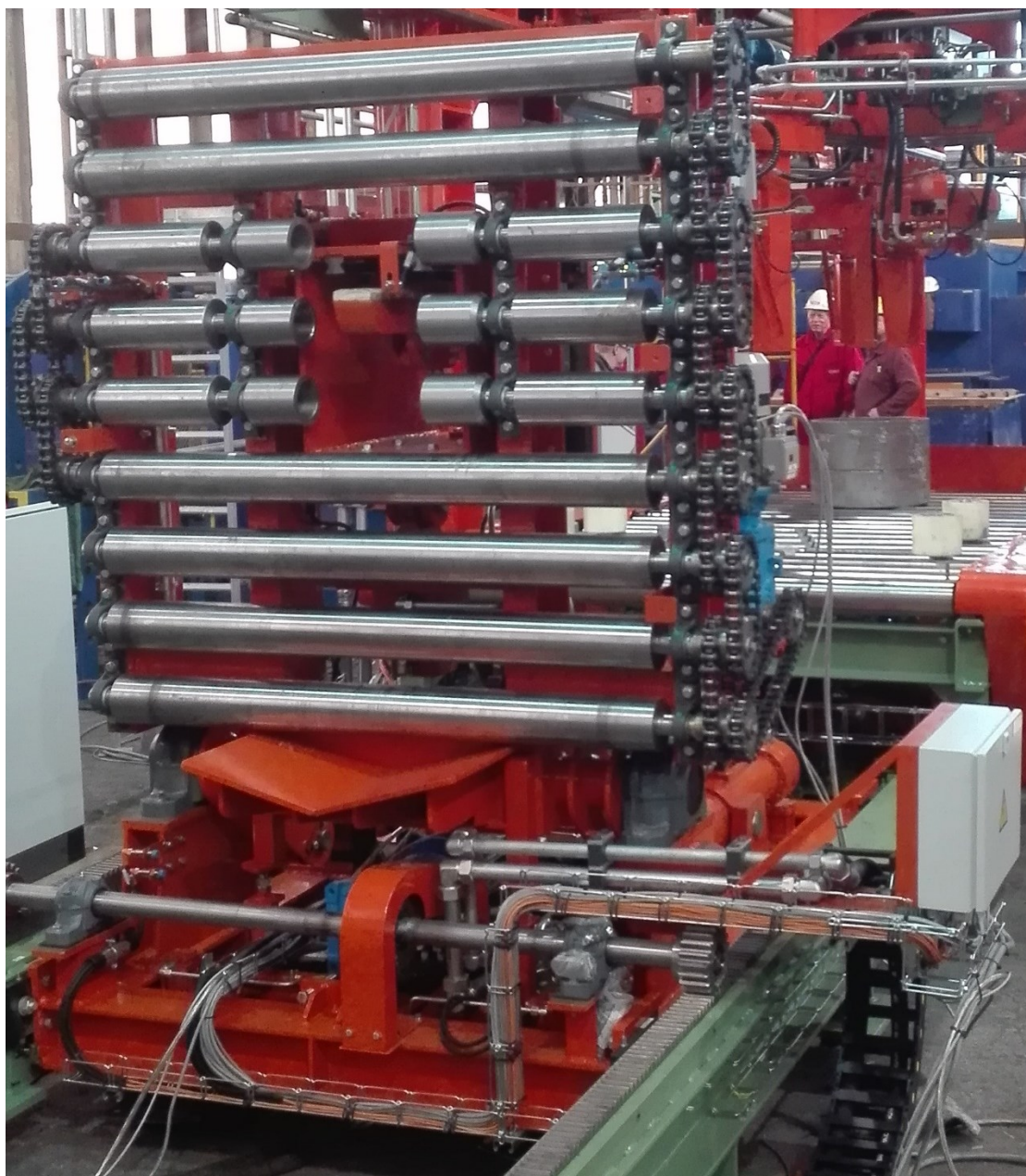
- ocelová konstrukce (svařenec z válcovaných profilů a plechů)
- kočka s pohony (svařovaný rám, motor s převodovkou, hydraulický válec, kola)
- chapadlo stohovače (svařovaná ramena, senzory, přímočaré hydromotory)
- energetický řetěz s příslušenstvím (energetický řetěz, konzoly, žlaby)
- elektrický skříňový rozvaděč pro napájení a řízení zařízení (umístěný na boku balicího stolu)

7.4. Bezpečnostní zábrany

Pohyblivé části zařízení jsou chráněny zábranami (kombinace plotů a laserové závory) jako ochrana osob před nebezpečím úrazu. Dvířka jsou vybavena bezpečnostním koncovým spínačem.

8. Fotodokumentace

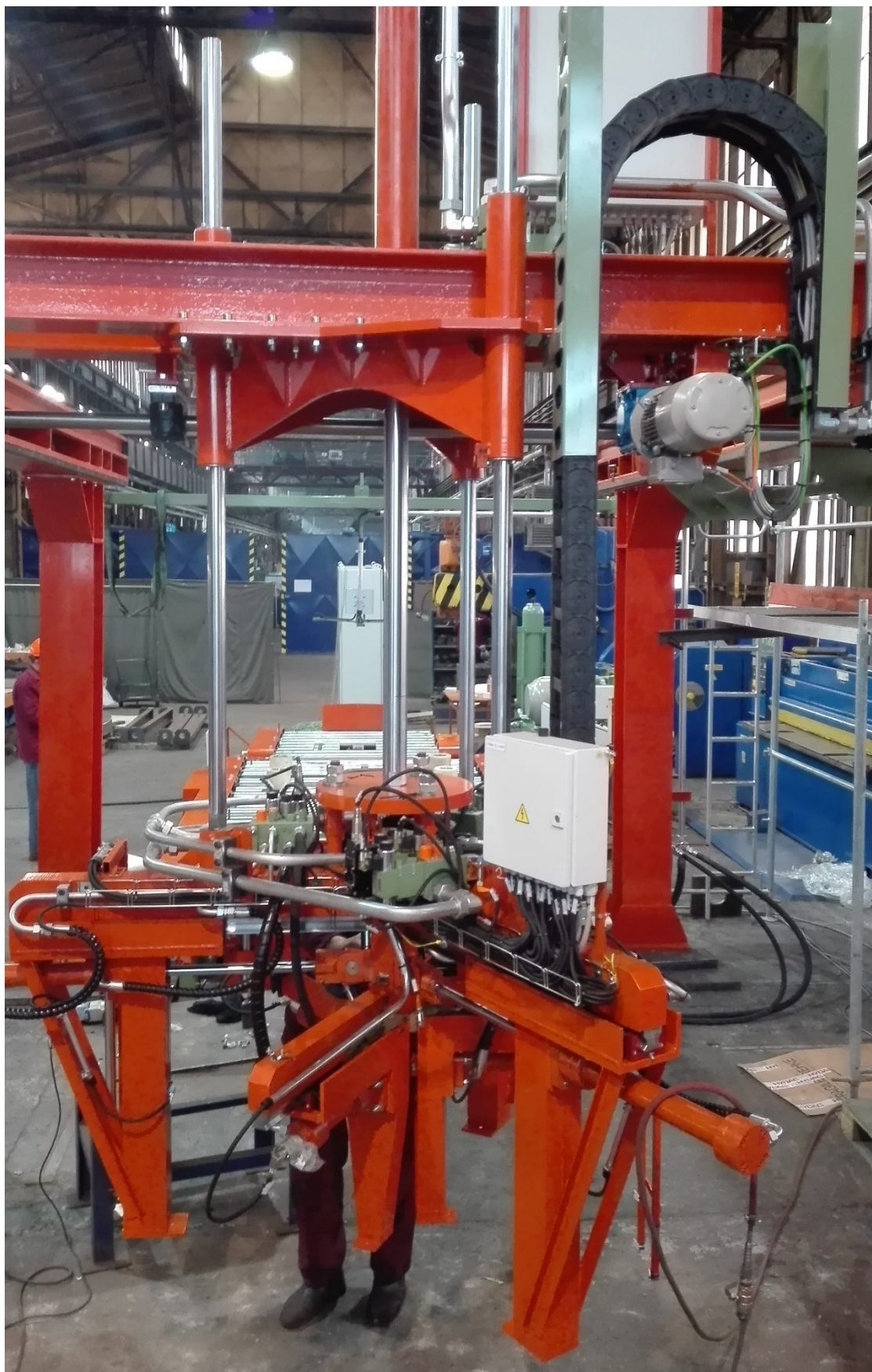
Po dokončení veškerých konstrukčně projekčních prací jsem byl krátkodobě přesunut na oddělení jakosti, kde jsem kontroloval dílčí součásti balicí linky při výrobě a montáži.



↑ obr. 21 – Obraceč svitků s pojezdem ve zvednuté poloze



↑ obr. 22 – Balicí a expediční stůl se zkušebním kusem a najetým stohovačem



↑ obr. 23 – Stohovač před expedováním zákazníkovi



↑ obr. 24 – Balicí linka po dokončení funkčních testů



↑ obr. 25 – Hydraulický agregát pohánějící hydraulické pohony balicí linky

9. Závěr

Předmětem mojí diplomové práce bylo navrhnout hydraulický pohon balicí linky s univerzálním stohovačem na svitky. Pohony byly navrženy a propočítány, ale na diplomovou práci by byl rozsah příliš velký a proto se moje diplomová práce věnuje převážně stohovači, který považuji na celé lince za nejpodstatnější a nejzajímavější zařízení. Jeho vývoj byla velmi zajímavá práce a u samotné výroby a samotné montáže jsem nasbíral mnoho cenných zkušeností.

Při řešení pohonů bylo zapotřebí zvolit způsob provedení stohování mosazných svitků. Provedl jsem výzkum několika variant a z toho 3 jsem rozvedl v kapitole 4. Zvažovány byly varianty pohybů chapadla stohovače i přidržování svitku vakuovými bloky. Nakonec jsem se uchýlil k řešení podebráním svitku krátkými packami s možností přitlačení bočními silami. Při úchopu mechanickým chapadlem podchytí svitek 3 ramena rozložená po vnitřním a 3 po jeho vnějším obvodu.

Pohony byly navrženy na základě odhadovaných dějů a předpokládaných sil, potřebných vyvinout k provedení všech operací. Tyto byly podrobně rozepsány v technickém řešení kapitoly 5 pod schématem celé balicí linky. Vše bylo ještě jednou prověřeno kontrolními výpočty. Protože by však byla diplomová práce příliš rozsáhlá nebyly do ní veškeré výpočty zahrnuty, uvádím pouze stohovač pro příklad použitého postupu. Pro úplnost jsou pod výpočty vložena také hydraulická schémata stohovače a hydraulického agregátu.

Podrobné informace o všech dílčích zařízeních mojí balicí linky se nachází v kapitole 7 o technických detailech. Z textu lze vyčíst principy řešení jednotlivých pohybů i další použité nehydraulické pohony a jejich napájení. Celá linka byla sestavena a její skutečný stav si lze prohlédnout ve fotodokumentaci před závěrem práce.

Pro vytvoření hydraulických schémat jsem použil AutoCad 2012, 3D modelů i výkresové dokumentace program SolidWorks 2016 premium, text ve Wordu 2013 a tabulky v Excelu 2013.

10. Seznam použité literatury

- [1] SIVÁK, V. Projektování hydraulických systémů. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 333s. ISBN 80-7078-037-1.
- [2] PIVOŇKA, J. a kol. Tekutinové mechanismy. Praha: SNTL, 1987. 623s.
- [3] KOPÁČEK, J. Hydrostatické převodové mechanismy. Praha: SNTL, 1986. 272 s.
- [4] PAVLOK, B., HRUŽÍK, L., BOVA, M. Hydraulická zařízení strojů. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007, 116 s.
- [5] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. Vyd. Úvaly: ALBRA, 2003, 870 s. ISBN 80-86490-74-2
- [6] Katalog BoshRexroth. [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.boschrexroth.com/cs/cz>
- [7] Katalog HYDAC. [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.hydac.com/cz-cs/vyroby.html>
- [8] Katalog Hennlich. [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.hennlich.cz/katalogy.html>
- [9] Katalog Hydraulics. [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.hydraulics.cz>
- [10] Katalog MOLL-MOTOR [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.mollmotor.at/>
- [11] Katalog HYDROTECHNIK [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.hydrotechnik.co.uk/>
- [12] Katalog Walterscheid [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.walterscheid-hydraulika.cz>
- [13] Katalog Charvát CHS [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.charvat-chs.cz/>
- [14] Katalog Backer Elektro [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.backer-elektro.cz/>
- [15] Katalog van Dinther [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.van-dinther.de/>
- [16] Katalog Danfoss [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z products.danfoss.com/
- [17] Katalog STASTO [online] [cit. 2017-04-11]. Dostupné z <https://www.stasto.cz/>
- [18] Balicí linky TECHNOLOGY. [online] [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <https://www.technology.cz/>
- [19] Balicí linky Euroslitter. [online] [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <http://euroslitter.com/en/>
- [20] Manipulace se svitky ALFUN [online] [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <http://www.alfun.cz/>

11. Seznam příloh

Sestavný výkres hydraulického agregátu:	CEC0048-00
Kusovník výkresu hydraulického agregátu:	CEC0048-00-K
Manuál pro obsluhu a údržbu:	CEC0048-01

Přiložený CD disk obsahuje tuto diplomovou práci ve formátu PDF včetně příloh.

Poděkování

Děkuji Dr. Ing. Miroslavu Bovovi a Ing. Janu Moravci za vstřícný přístup, plnou podporu a nekonečnou trpělivost s prací na balicí lince a mé diplomové práci.